

## PERBAIKAN STABILITAS FREKUENSI GENERATOR SINKRON MENGGUNAKAN METODE PENGONTROLAN *DOUBLE NOZZLE* PADA TURBIN CROSS FLOW

Reny Murniati<sup>1)</sup>, Aminah H. Umar<sup>1)</sup>, Risnawaty Alyah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department Teknik Elektro Universitas Sawerigading

### ABSTRACT

Renewable energy resources is main issue in electricity power systems in several countries like Indonesia. Stability frequency of power plant systems refers to the ability of generator to maintain steady state when any fault or dynamic load. In order to keep the power system change, power plant units will be adjust their power output to according to the change of system frequency or load thorough balancing of the active power with load. Method control system by using double nozzle to the control of active power for turbine micro hydro will be proposed. obtained duration of the stability frequency response will be faster than normally. The simulation result obtained that, duration of the stability frequency response will be faster than normally, if there a load change suddenly.

**Keywords:** *Stability frequency, generator sinkron, micro hydro, double nozzle*

### 1. PENDAHULUAN

Pengontrolan kecepatan adalah cara yang paling umum digunakan untuk mengontrol daya keluar (*output*) dan frekuensi. Bila frekuensi sistem berubah karena beban berubah maka pengatur kecepatan (*governor*) mulai bekerja, sehingga terjadi pengurangan atau penambahan daya keluar agar frekuensi konstan.

Sifat pengatur kecepatan tidak dapat mengembalikan frekuensi pada nilai asalnya, maka akan timbul perbedaan frekuensi yang sebanding dengan perubahan beban. Sistem pengontrolan frekuensi otomatis (*AFC = Automatic Frekuensi Control system*) mampu mengetahui perubahan ini. PLTA yang diatur dengan AFC daya keluarnya dapat diatur dan frekuensinya dijaga agar tetap konstan. Pengoperasian AFC yang terpasang dalam gedung sentral atau di stasiun pusat pengontrol, dilakukan dengan mengontrol daya secara otomatis. Kemampuannya mengontrol karena adanya perubahan frekuensi yang menjadi isyarat kontrol bagi motor pengatur kecepatan dari suatu alat pengatur kecepatan.

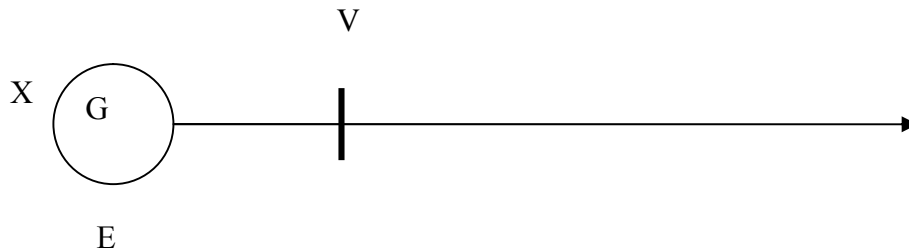
Secara umum, stabilitas sistem tenaga listrik terkait dengan kestabilan sudut rotor (*Rotor Angle Stability*) dan kestabilan tegangan (*Voltage Stability*). Klasifikasi ini berdasarkan rentang waktu dan mekanisme terjadinya ketidakstabilan. Kestabilan sudut rotor diklasifikasikan menjadi *Small Signal Stability* dan *transient Stability*. *Small Signal Stability* adalah stabilitas sistem untuk gangguan-gangguan kecil dalam bentuk osilasi elektromekanik yang tak teredam, sedangkan *Transient Stability* dikarenakan kurang sinkronnya torsi yang diawali dengan gangguan-gangguan besar.

### 2. STABILITAS SISTIM TENAGA

Stabilitas peralihan generator sinkron sangat dipengaruhi oleh parameter mesin sinkron tersebut. Parameter mesin seperti sudut daya  $\delta$  akan mengalami ayunan pada saat terjadi gangguan. Untuk mempertahankan kestabilan generator, gangguan harus dipulihkan sebelum sudut daya  $\delta$  melebihi sudut pemutusan kritis  $\delta_c$ .

Beberapa metode yang telah dilakukan untuk memperbaiki stabilitas frekuensi generator adalah, antara lain; Meningkatkan gaya sinkronisasi yang tersimpan, Mengurangi torsi percepatan melalui pengaturan daya mekanik turbin., Mengurangi torsi percepatan dengan menggunakan beban buatan. Penelitian yang dilakukan oleh J. Macholski yang mengusulkan suatu skema perbaikan stabilitas peralihan sistim dengan metode koordinasi antara fast valving dan pengaturan eksitasi generator. Peneliti F. Hassan <sup>(4)</sup> mengusulkan suatu metode vast valving dengan menggunakan sistim valve paralel untuk meningkatkan kestabilan sistim. Pada [2], Aji Nur Widyanto dkk, mengusulkan penggunaan Braking Resistor sebagai cara untuk mengurangi torsi percepatan melalui beban buatan. metode ini berfungsi mengurangi luas daerah percepatan bila menggunakan breaking resistor sebesar 0,125 p.u. Kemudian oleh A.Tamersih mendesain sistim yang disebut *Micro Grid Voltage Stabilizer (MGVS)*.

<sup>1</sup> Korespondensi: Reny Murniati, 082293864492, renymurniati50@yahoo.com



Gambar 1. Generator sinkron yang dihubungkan dengan bus tak terhingga

Persamaan daya listrik dinyatakan sebagai berikut:

$$P_e = \frac{|V| \cdot |E|}{X} \sin \delta \quad (1)$$

Dengan :

V= Tegangan pada bus

E= Tegangan pada generator

$\delta$  = Sudut daya

X = Reaktansi sinkron

P = Daya aktif yang disalurkan ke infinite bus

Pada generator sinkron yang dikopel langsung melalui penggerak mula turbin mikro hidro, adanya gangguan ( misalnya pelepasan beban secara mendadak atau karena hubung singkat), maka generator akan mengalami ketidakstabilan yang ditandai dengan adanya perbedaan daya mekanik (  $P_m$ ) dan daya listrik (  $P_e$ ). Akibatnya terjadi ayunan pada rotor generator.

Persamaan ayunan dinyatakan sebagai berikut:

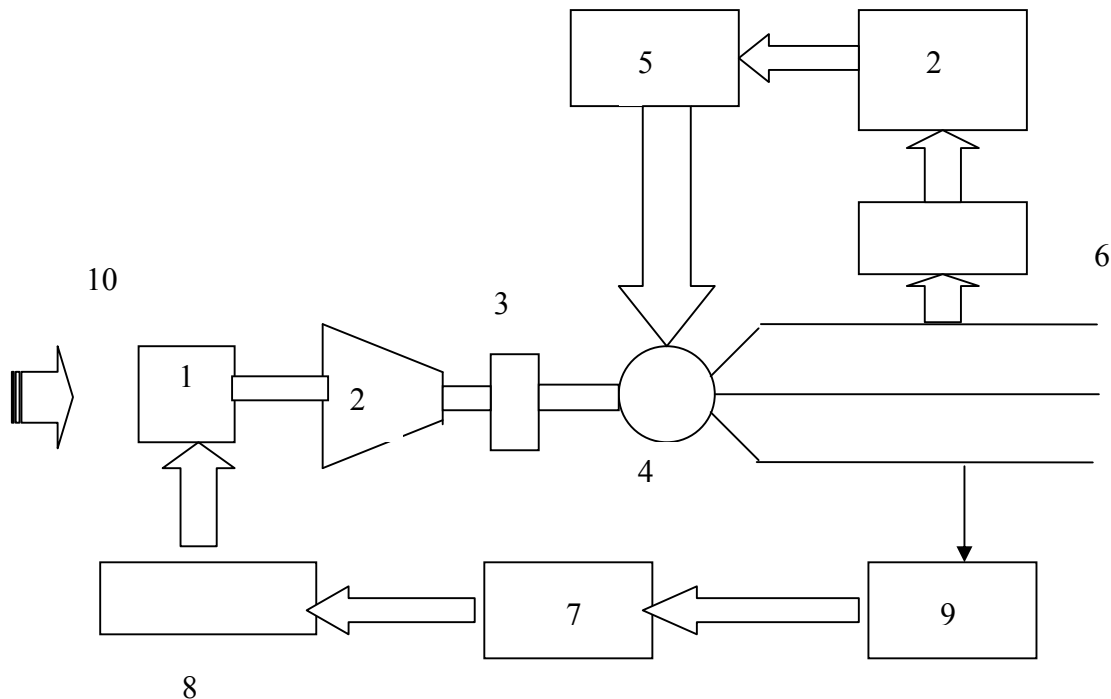
$$\frac{H}{\pi \cdot f_o} \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_{maks} \cdot \sin \delta \quad (2)$$

Pada kedudukan operasi awal mesin adalah:

$$\frac{H}{\pi \cdot f_o} \cdot \frac{d^2 \delta_o}{dt^2} = P_m - P_{maks} \cdot \sin \delta_o \quad (3)$$

### 3. METODE YANG DIUSULKAN

#### Model Sistim Kontrol dengan Double Nozzle



Gambar 2. Blok sistim kontrol PLTMH

Keterangan gambar:

1. Katup (Valve)
2. Turbin cross flow
3. Poros
4. Generator Sinkron
5. Sistim Eksitasi
6. Sensor tegangan
7. Load Frekwensi Control (LFC)
8. Double Nozzle
9. Sensor Frekwensi
10. Prime Mover (Hydro)

Metode Fast control digunakan untuk meningkatkan stabilitas peralihan generator. Prinsipnya kerja sistim tersebut adalah pengurangan daya mekanik dari turbin dengan penutupan katup ( valve) secara cepat. Kemampuan katup air untuk menutup cepat dan dibuka kembali tergantung pada jenis sistim governor yang digunakan. Type governor turbin elektro-hidrolik ( *electrohdraulic turbine*) yang memakai sistim penggerak komponen elektronik ( *solid state electronic*) dan penggerak hidrolik tekanan tinggi mampu mengontrol secara cepat katup.

Metode double nozzle juga dapat digunakan pada turbin governor hidrolik mekanik ( *mechanics hydraulic* ), akan tetapi kurang fleksibel dan lebih sulit di-implementasikan pada sistim.

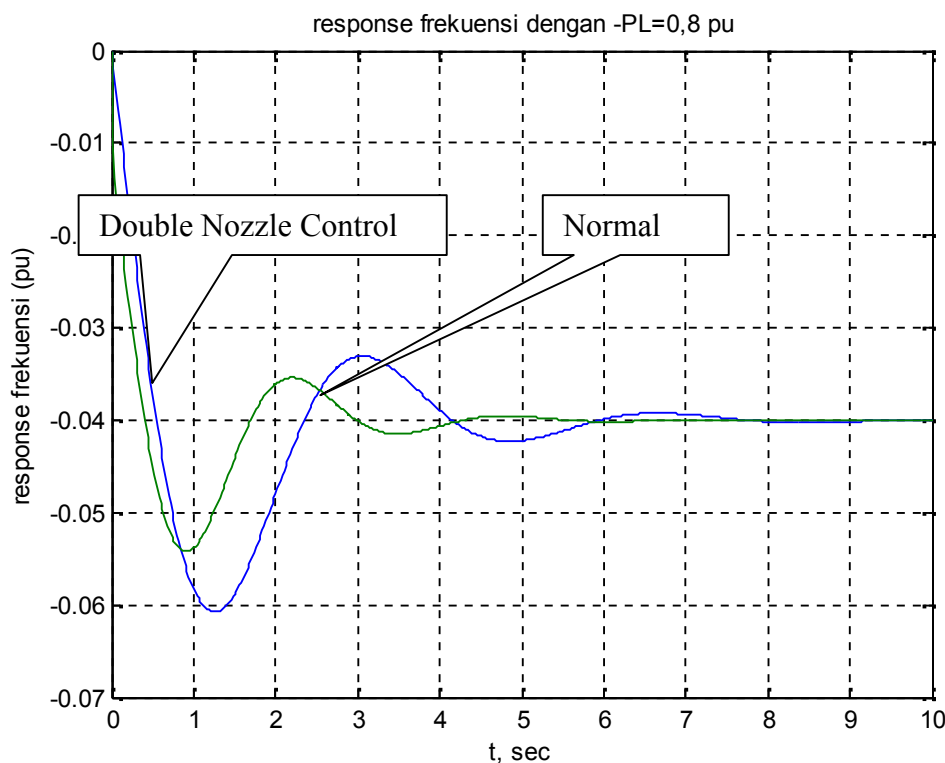
#### 4. DATA DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Parameter generator sinkron pada PLTMH adalah sebagai berikut:

Parameter		Sat	Nilai
Reaktansi Sinkron	$X_d$	Pu	0,6
	$X_q$	Pu	0,4
Reaktansi peralihan	$X'_d$	Pu	0,15
	$X'_q$	Pu	0,3
Reaktansi	$X''_{do}$	Pu	0,1

Sub peralihan	$X''_{q0}$	Pu	0,25
Konstanta waktu OC peralihan	$T'_d$	Pu	3,0
	$T'_q$	Pu	0,1
Konstanta waktu OC sub peralihan	$T''_{d0}$	Pu	0,01
	$T''_{q0}$	Pu	0,03
Induktansi bocor stator	$X_l$	Pu	0,15
Resistansi stator	$R_a$	Pu	0,005
Konstanta Inertia	H	Pu	
Konstanta redaman	D	Pu	

Pada Gbr.3 menunjukan apabila generator kehilangan beban tiba tiba sebesar 0, 8 pu maka generator sinkron akan mengalami perubahan frekuensi sekitar 8 detik hingga mencapai stabil jika tanpa menggunakan fast valving. Dengan menggunakan double nozzle, generator akan mencapai kestabilan selama 5,5 detik. Sedangkan amplitude perubahan frekwensi generator mencapai 0,06 tanpa metode double nozzle. Dan apabila menggunakan double nozzle hanya sebesar 0,055 pu



Gambar 3. Karakteristik response frekwensi terhadap waktu Jika terjadi pengurangan daya secara tiba tiba sebesar 0,8 p.u

Pada Gbr.3 diatas menunjukan apabila generator kehilangan beban tiba tiba sebesar 0, 8 pu maka generator sinkron akan mengalami perubahan frekwensi selama 8 detik hingga kembali stabil jika tanpa menggunakan double nozzle (normal). Dengan menggunakan percepatan menutupan katup double nozzle, generator akan mencapai kestabilan selama 5,5 detik. Sedangkan amplitude perubahan daya mekanik generator mencapai 0,06 tanpa double nozzle. Dan apabila menggunakan double nozzle hanya sebesar 0,055 pu.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan program Matlab/Simulink ver 11 diperoleh hasil sebagai berikut:

- Dengan menggunakan pengontrolan cepat melalui fast control, maka lama ayunan frekuensi generator akan semakin lebih kecil dibanding jika tanpa double nozzle atau pengontrolan daya turbin secara normal.
- Bila mana terjadi perubahan daya yang tiba-tiba, maka lama waktu frekuensi transient pada generator semakin besar apabila pengaturan input mekanik makin lambat.
- Amplitudo perubahan daya mekanik turbin dengan menggunakan pengontrolan cepat melalui double nozzle, maka lama ayunan daya mekanik generator akan semakin lebih kecil dibanding jika tanpa double nozzle atau pengontrolan daya turbin normal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amarnath et.al,2011,Enhancement of microgrid dynamic voltage stability using Microgrid Voltage Stabilizer, Southeastcon, 2011 Proceedings of IEEE
- Aji Nur,2007, Widyanto, Rudi Setiabudy, Perbaikan Stabilitas Peralihan Generator Sinkron dengan Menggunakan Braking Resistor, Proceeding SNTK 2007.
- Anderson P.M, A.A. Foud, 1997, Power System Control and stability, Iowa State University Press. Ames, Iowa.
- B.M. Weedy, B.J. Cory, 1998, Electric Power System, John Wiley and Sons Ltd, Ballius Land, England, Fourth Editon.
- D. Chen, C. Ding, Y. Do, X. Ma, H. Zhao, and Y. Wang, 2014, Nonlinear dynamic analysis for a Francis hydro-turbine governing system and its control," Journal of the Franklin Institute, vol. 351, pp. 4596-4618.
- Deepak Aswani,et.al, 2011, The Impact of Hydroelectric Power and Other Forms of Generation on Grid Frequency Stability for the WECC Region",June.
- F. Hassan, R. Balasubramanian, T.S. Bhatt, 1999, Fast Valving schema using for transient stability improvement",IEE proceeding Gen Distr, Vol 146, No 1.
- G.G. Karady, and M. A. Mohamed, 2002, Improving Transient Stability Using Fast Valving Based on Tracking Rotor-Angle and Active Power,In Proc. 2002 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting Conf.
- J. Machoski.A. Smolarenzk, J.W. Bialek, 1999, Power System Transient Stability Enhancement By coordinated Fast Valving and Excitation Control of Synchronous Generator, CIGRE Symposium, London,.
- K. Matsuzawa, K. Yanagihasi, J. Tsuko, M. Sato, 1997, Stabilizing Control System Preventing Loss of synchronism From Extension and its Actual Operating Experience, IEEE transaction on Power System, Vol.10, No.3.
- L. Edwards, 1986, Turbine Fast Valving to Aid System Stability: Benefit and Other Considerations," IEEE Trans. Power Systems, vol. 1, pp.143–155.
- L.Saarien, 2014, A hydropower perspective on flexibility demand and grid frequency control," Licentiate, Department of Engineering Sciences, Uppsala University, Uppsala.
- Mansour A. Mohamed, George G. Karady, Ali M. Yousef,, 2005, New Strategi Agents to Improve Power System ",Proceeding of Word Academic Engineering and Technology, Volume 3..
- Prabha Kundur, 1993, Power Sytem Stability and Control, Electrical Power Reseach Institut, Mc Graw Hill.
- Peraturan Direksi PT PLN (Persero) No.0357.K/DIR/2014 tentang Penyambungan pembangkit terbarukan pada grid PLN.
- R. H. Park, 1997, Fast Turbine Valving," IEEE Trans. Power Apparatus and System, vol. 92, pp. 1065–1073.
- Y. Wang, D.J. Hill, R.H. Middleton,L.Gao, 1993, Transient Stability Enhancement and Voltage Regulation for Power System, IEEE Transaction on Power System, Vol 8, pp 62-627.